

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2018 – SEZIONE A

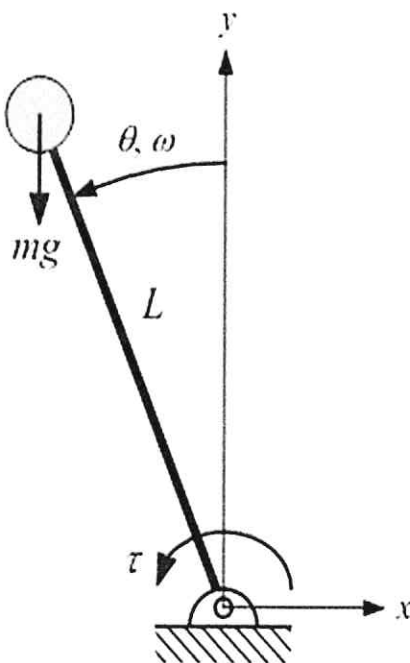
SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 12 BIOMEDICA

---

Consideriamo un soggetto adulto, in postura eretta, ed usiamo per la sua trattazione il modello del pendolo inverso, mettendo l'asse di rotazione sul piano sagittale che attraverso la caviglia.



Per determinare l'angolo  $\theta$  del pendolo rispetto alla verticale è stato posizionato un sensore inerziale (dotato di giroscopio e accelerometro) ad altezza  $d$  rispetto all'asse di rotazione di caviglia.

1) Scegliere e giustificare il tipo di sensore da utilizzare per la stima dell'angolo  $\theta$  e quale orientamento adottare.

Data la cinetica del pendolo, scrivere le equazioni d'uscita dei sensori.

2) Supponendo di aver a disposizione le uscite dei sensori in formato digitale, descrivere un algoritmo che sia in grado di stimare  $\theta$  a partire da condizioni iniziali note.

3) A partire dall'algoritmo descritto al punto 2, si discuta del suo comportamento rispetto a offset e derive del segnale

4) Calcolare il momento d'inerzia del pendolo rispetto all'asse di caviglia, dopodiché scrivere le equazioni della dinamica del pendolo, a scopo semplificato assumere che il segmento abbia una massa  $M$ , lunghezza  $L$  e densità lineare uniforme.

5) Linearizzare il sistema nel regime di piccole oscillazioni, scrivendo a questo punto la funzione di trasferimento ingresso –

uscita che lega il momento torcente alla caviglia (input) con l'angolo  $\theta$  (uscita), fare l'analisi della stabilità di questo sistema lineare, tracciando anche il suo diagramma di Bode.

6) Descrivere come applicare utilizzare il sistema progettato in precedenza, per il trattamento di un paziente che soffre di deficit sensoriali che colpiscono i sistemi di controllo dell'equilibrio, specificare la scelta di controllore e di un riferimento per garantire la stabilità del soggetto.